

## Литература

1. Щельцын Н.А. Современные бесступенчатые трансмиссии с.- х. тракторов / Н.А. Щельцын, Л.А. Фрумкин, И.В. Иванов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2011. – №11. – С. 18 – 26.
2. Айтцетмюллер Х. Функциональные свойства и экономичность тракторной и специальной техники с трансмиссиями VDC / Х. Айтцетмюллер // Механика машин, механизмов и материалов. – 2009. – № 1(6). – С. 20 – 24.
3. Самородов В.Б. Вывод кинематических базисных матриц и системный анализ кинематики ступенчатых механических и гидродвигательно-механических трансмиссий / В.Б. Самородов // Сборник научных трудов ХГПУ. – 1999. – №.7 – Ч. 2. – С. 363 – 370.
4. Рогов А.В. Развитие методов расчета систем «двигатель – трансмиссия» автомобилей и тракторов: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.02 «Автомобілі та трактори» / Рогов Андрей Владимирович. – Харків: Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 2006. – 168 с.
5. Городецкий К.И. КПД объемных гидропередат / К.И. Городецкий, А.А. Михайлин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1979. – №9. – С.9-14.
6. Городецкий К.И. Математическая модель объемных гидромашин / К.И. Городецкий, А.А. Михайлин // Вестник машиностроения. – 1981. – №9. – С.14-17.
7. Аврамов В.П. Гидрообъемные передачи в гидродвигательно-механических трансмиссиях транспортных машин / В.П. Аврамов, В.Б. Самородов. – Харьков: ХПИ, 1986. – 76 с.
8. Красеньков В.И. Проектирование планетарных механизмов транспортных машин / В.И. Красеньков, А.Д. Вашец. – М: Машиностроение, 1986. – 272 с.

УДК 539.3

## НАПРЯЖЕНИЯ В ДЕФОРМИРОВАННОМ ДИСКРЕТНОМ ЭЛЕМЕНТЕ

А.Д. Шамровский

Доктор технических наук, профессор\*

Контактный тел.: (061) 223-82-16

E-mail: adshamr@rambler.ru

Д.Н. Колесник

Аспирант\*

Контактный тел.: (061) 223-82-21

E-mail: mylogin2006@rambler.ru

\*Кафедра программного обеспечения автоматизированных систем

Запорожская государственная инженерная академия  
пр. Ленина, 226, г. Запорожье, 69006

*Запропоновано підхід для знаходження напружень в деформованому дискретному елементі скінченного розміру, що дозволяє будувати епюри та діаграми напружень*

*Ключові слова: дискретна модель, істинні напруження*

*Предложен подход для нахождения напряжений в деформированном дискретном элементе конечных размеров, позволяющий строить эпюры и диаграммы напряжений*

*Ключевые слова: дискретная модель, истинные напряжения*

*An approach for deformed discrete element of finite size stress finding, that allows building diagrams and charts stresses, is described here*

*Keywords: discrete model, truth stresses*

## Введение

Представленный ранее в работе [1] подход для нахождения напряжений в дискретном элементе конечных размеров [2], может быть применен только для линейных задач, так как находимые им напряжения являются мнимыми [3] ибо рассчитываются относительно не деформированного элемента.

В том случае, когда решается нелинейная задача, к примеру, геометрически нелинейная, где присутству-

ют большие перемещения, получаемые результаты будут не корректными. В этом случае необходимо учитывать изменение геометрии конструкции и соответственно находить напряжения в деформированной системе координат, которые принято называть истинными [3].

Относительно дискретного элемента [2] учет деформации заключается в том, что напряжения найдутся не для прямоугольника как в [1], а для произвольного четырехугольника.

## Напряжения в четырехугольнике

Для нахождения истинных напряжений, обобщим результаты, полученные для элемента прямоугольной формы [1], на элемент произвольной четырехугольной формы. Пусть заданы усилия, действующие на угловые точки элемента (рис. 1).

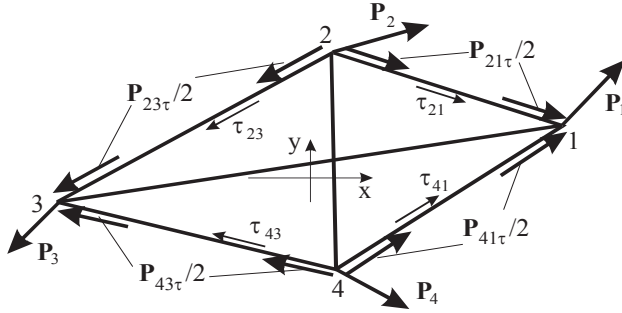


Рис. 1.

Данные усилия естественным способом связаны с реакциями стержней:

$$P_1 + R_{12} + R_{13} + R_{14} = 0, \quad P_2 + R_{21} + R_{23} + R_{24} = 0,$$

$$P_3 + R_{31} + R_{32} + R_{34} = 0, \quad P_4 + R_{41} + R_{42} + R_{43} = 0.$$

Запишем связь реакций с направляющими векторами соответствующих стержней:

$$R_{ij} = R_{ij} \tau_{ij} \quad (i, j = 1, 2, 3, 4; i \neq j).$$

В свою очередь, проекции направляющих векторов  $\tau_{ij}(m_{ij}, n_{ij})$  связаны с координатами концов стержней:  $m_{ij} = (x_j - x_i)/L_{ij}$ ,  $n_{ij} = (y_j - y_i)/L_{ij}$

$$\text{где } L_{ij} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}.$$

Для проекций реакций  $R_{ij}(R_{ijx}, R_{ijy})$  имеем:  $R_{ijx} = R_{ij} m_{ij}$ ,  $R_{ijy} = R_{ij} n_{ij}$ .

Для проекций сил, действующих в угловых точках, имеем:

$$P_{1x} = -(R_{12} m_{12} + R_{13} m_{13} + R_{14} m_{14}), \quad P_{1y} = -(R_{12} n_{12} + R_{13} n_{13} + R_{14} n_{14}),$$

$$P_{2x} = -(R_{21} m_{21} + R_{23} m_{23} + R_{24} m_{24}), \quad P_{2y} = -(R_{21} n_{21} + R_{23} n_{23} + R_{24} n_{24}),$$

$$P_{3x} = -(R_{31} m_{31} + R_{32} m_{32} + R_{34} m_{34}), \quad P_{3y} = -(R_{31} n_{31} + R_{32} n_{32} + R_{34} n_{34}),$$

$$P_{4x} = -(R_{41} m_{41} + R_{42} m_{42} + R_{43} m_{43}), \quad P_{4y} = -(R_{41} n_{41} + R_{42} n_{42} + R_{43} n_{43}).$$

Будем считать, что суммарными касательными силами, действующими на сторону элемента, являются суммы проекций сил, приложенных в конечных точках стороны, на эту сторону. Эти проекции вычисляем как скалярные произведения векторов сил и направляющих векторов сторон. При этом для смежных сторон выбираем противоположные направляющие векторы (рис. 1):

$$P_{21\tau} = P_{1,21} + P_{2,21} = (P_{1x} m_{21} + P_{1y} n_{21} + P_{2x} m_{21} + P_{2y} n_{21}) \tau_{21},$$

$$P_{23\tau} = P_{2,23} + P_{3,23} = (P_{2x} m_{23} + P_{2y} n_{23} + P_{3x} m_{23} + P_{3y} n_{23}) \tau_{23},$$

$$P_{43\tau} = P_{3,43} + P_{4,43} = (P_{3x} m_{43} + P_{3y} n_{43} + P_{4x} m_{43} + P_{4y} n_{43}) \tau_{43},$$

$$P_{41\tau} = P_{4,41} + P_{1,41} = (P_{4x} m_{41} + P_{4y} n_{41} + P_{1x} m_{41} + P_{1y} n_{41}) \tau_{41}.$$

Каждую из таких сил разбиваем на две половины, также приложенные в конечных точках (рис. 1).

Находим силы, порождающие нормальные нагрузки на сторонах элемента (рис. 2).

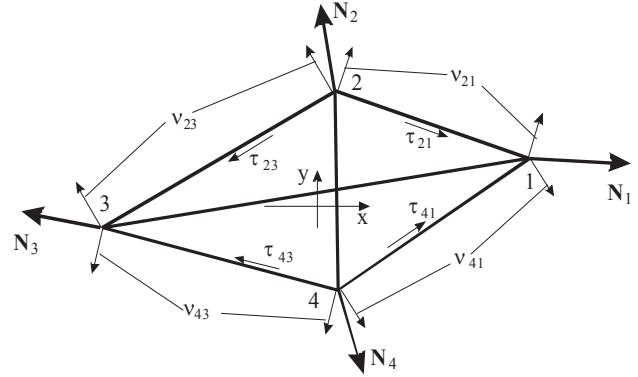


Рис. 2.

$$N_1 = P_1 - \frac{1}{2} P_{21\tau} - \frac{1}{2} P_{41\tau},$$

$$N_2 = P_2 - \frac{1}{2} P_{21\tau} - \frac{1}{2} P_{23\tau},$$

$$N_3 = P_3 - \frac{1}{2} P_{23\tau} - \frac{1}{2} P_{43\tau},$$

$$N_4 = P_4 - \frac{1}{2} P_{41\tau} - \frac{1}{2} P_{43\tau}.$$

Рассмотрим в каждой из вершин элемента единичные векторы внешних нормалей к сторонам элемента (рис. 2).

Эти векторы получаются путем поворотов на прямой угол направляющих векторов сторон и имеют следующие проекции:

$$v_{21}(-n_{21}, m_{21}),$$

$$v_{23}(n_{23}, -m_{23}),$$

$$v_{43}(-n_{43}, m_{43}),$$

$$v_{41}(n_{41}, -m_{41}).$$

Раскладываем каждую из вычисленных нормальных сил на две нормальные составляющие с использованием единичных векторов внешних нормалей к сторонам.

При этом используем свойство ортогональности направляющих векторов сторон и нормалей к сторонам:

$$N_{1,21} = \frac{N_1 \cdot \tau_{41}}{v_{21} \cdot \tau_{41}} = \frac{N_{1x} m_{41} + N_{1y} n_{41}}{-n_{21} m_{41} + m_{21} n_{41}},$$

$$N_{1,41} = \frac{N_1 \cdot \tau_{21}}{v_{41} \cdot \tau_{21}} = \frac{N_{1x} m_{21} + N_{1y} n_{21}}{n_{41} m_{21} - m_{41} n_{21}},$$

$$N_{2,21} = \frac{N_2 \cdot \tau_{23}}{v_{21} \cdot \tau_{23}} = \frac{N_{2x}m_{23} + N_{2y}n_{23}}{-n_{21}m_{23} + m_{21}n_{23}},$$

$$N_{2,23} = \frac{N_2 \cdot \tau_{21}}{v_{23} \cdot \tau_{21}} = \frac{N_{2x}m_{21} + N_{2y}n_{21}}{n_{23}m_{21} - m_{23}n_{21}},$$

$$N_{3,23} = \frac{N_3 \cdot \tau_{43}}{v_{23} \cdot \tau_{43}} = \frac{N_{3x}m_{43} + N_{3y}n_{43}}{n_{23}m_{43} - m_{23}n_{43}},$$

$$N_{3,43} = \frac{N_3 \cdot \tau_{23}}{v_{43} \cdot \tau_{23}} = \frac{N_{3x}m_{23} + N_{3y}n_{23}}{-n_{43}m_{23} + m_{43}n_{23}},$$

$$N_{4,43} = \frac{N_4 \cdot \tau_{41}}{v_{43} \cdot \tau_{41}} = \frac{N_{4x}m_{41} + N_{4y}n_{41}}{-n_{43}m_{41} + m_{43}n_{41}},$$

$$N_{4,41} = \frac{N_4 \cdot \tau_{43}}{v_{41} \cdot \tau_{43}} = \frac{N_{4x}m_{43} + N_{4y}n_{43}}{n_{41}m_{43} - m_{41}n_{43}}.$$

Полученные результаты изображены графически на рис. 3.

Их можно использовать либо для построения эпюр нормальных напряжений вдоль сторон элемента, либо для нахождения главного вектора и главного момента нормальных сил, действующих на эти стороны.

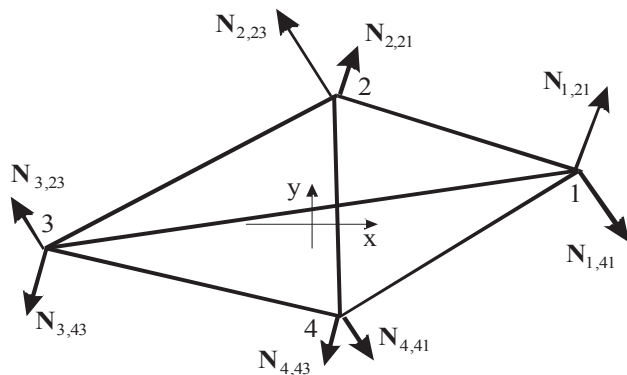


Рис. 3.

#### Построение эпюр напряжений

Для построения эпюр напряжений будем пользоваться теми же формулами, что и в [1] с тем отличием, что теперь в качестве сосредоточенных сил выступают полученные ранее вектора и эпюра строится относительно деформированной грани с учетом ее новой длины.

В качестве примеров изобразим эпюры ряда случаев, где решается геометрически нелинейная задача (рис. 4-5).

Для получения непрерывной картины напряжений используем значения напряжений для угловых точек и подход билинейной интерполяции из [1].

Полная форма записи позволяет производить интерполяцию для произвольного четырехугольника (рис. 6).

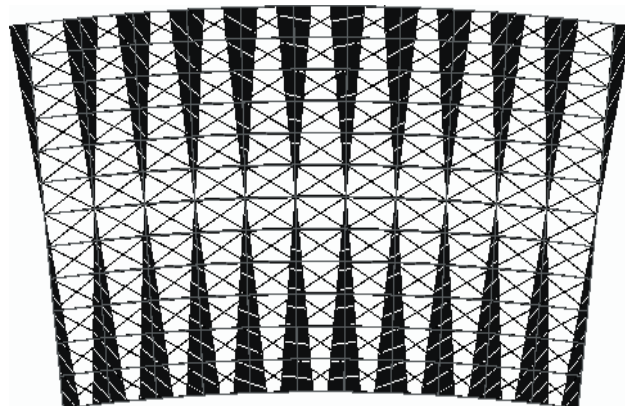


Рис. 4. Эпюра нормальных напряжений в пластине при изгибе

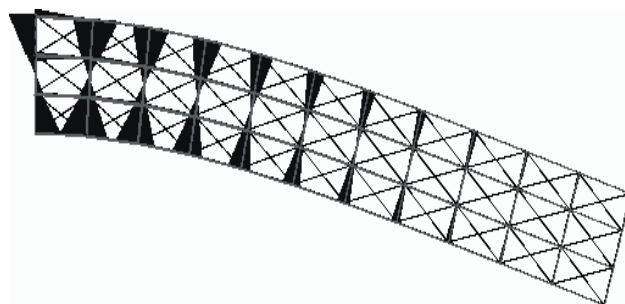


Рис. 5. Эпюра нормальных напряжений в консоли при равномерно распределенной нагрузке

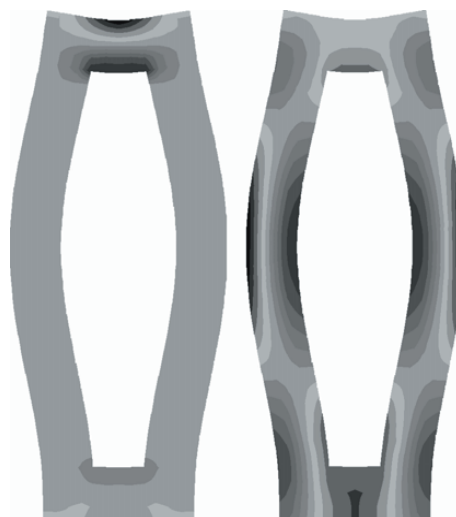


Рис. 6. Распределение нормальных напряжений при сжатии консоли с большим отверстием: а) вдоль оси x; б) вдоль оси y

#### Выводы

Предложен подход для нахождения истинных напряжений в дискретном элементе конечных размеров [2] по аналогии с рассмотренным в [1] подходом.

Так же как и в [1], рассмотрены два способа отображения напряжений, как в виде эпюры напряжений, так и в виде диаграмм напряжений.

## Література

1. Шамровський А.Д. Напряжения в дискретном элементе конечных размеров [Текст] / А.Д. Шамровский, Д.Н. Колесник // Восточно-Европейский журнал передовых технологий // научный журнал. – Харьков: Технологический центр, 2012. – №2/7 (56). – С. 36–40.
2. Шамровський А.Д. Решение плоских статических задач механики деформируемого твердого тела при помощи дискретных моделей, получаемых на основе экспериментальных данных [Текст] / А.Д. Шамровский, Ю.А. Лымаренко, Д.Н. Колесник // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій: збірник наукових праць / Дніпропетровський національний університет. - Дніпропетровськ: Ліра, 2011. - Вип. 17. - С. 274–288.
3. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела [Текст]: учебное пособие для вузов / Ю.Н. Работнов. - 2-е изд., испр. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. - 712 с.

*В роботі визначено перелік заходів, які повинні бути реалізовані державою для розвитку національного легкового автомобілебудування, встановлено та проаналізовано основні з них: захист внутрішнього ринку від недобросовісної конкуренції; зміна нормативно-правового та інвестиційного середовища*

*Ключові слова: автомобілебудування, легковий автомобіль стимулювання продажу автомобілів*

*В работе определен перечень мероприятий, которые должны быть реализованы государством для развития национального легкового автомобилестроения, установлены и проанализированы основные из них: защита внутреннего рынка от недобросовестной конкуренции; изменение нормативно-правовой и инвестиционной среды*

*Ключевые слова: автомобилестроение, легковой автомобиль, стимулирование продажи автомобилей*

*In this paper the list of events is detected which must be realized by the state for national automobile motor industry development, main of them are established and analysed: protecting of domestic market from an unfair competition; change of normatively-legal and investment environment*

*Keywords: motor industry, car, stimulation of cars sales*

УДК 629.331

# ЗАХОДИ ДЕРЖАВНОЇ ПОЛІТИКИ ЩОДО РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОГО ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЕ- БУДУВАННЯ

**О.Г. Кривоконь**

Кандидат філософських наук, доцент  
Кафедра “Автомобіле- і тракторобудування”  
Національний технічний університет  
“Харківський політехнічний інститут”  
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна 61002  
Контактний тел.: (057) 707-64-64  
E-mail: kryvokon@mail.ru

## Вступ

Лідерами з виробництва легкових автомобілів є Японія, США, Китай, Німеччина, Північна Корея, доля яких складає більше 50% від загального виробництва автомобілів в світі.

Обсяг виробництва легкових автомобілів в Україні в кращі часи не перевищував 0,55% від загального світового виробництва, не зважаючи на вигідне географічне положення, розвинену транспортну інфраструктуру, підготовлені трудові ресурси, незначну кількість автомобілів на душу населення (158 одиниць на 1000 жителів в Україні, 450 – 500 одиниць – в економічно розвинених країнах, 250 – 300 одиниць – в країнах, що розвиваються), високий середній

вік автомобілів (18,7 років в Україні, до 10 років у розвинених країн, до 13 років у країнах, що розвиваються).

Розвиток національного легкового автомобілебудування напряму залежить від державної політики, яка створює вирішальну мотивацію для організації виробництва.

## Аналіз останніх досліджень і публікацій

На сьогоднішній день існує достатньо багато публікацій, що присвячені дослідженню розвитку українського та світового автомобілебудування, визначенню основних напрямків розвитку автомобіль-